



Innovación y creatividad en la educación de ingenieros ante contextos emergentes

Innovation and creativity in the engineer's education in emerging contexts

Marien Rocío Barrera Gómez, Politécnico Gran Colombiano, mrbarraera@poligran.edu.co, Colombia
Natalia Sánchez Gómez, Universidad de Boyacá, nsanchezg@uniboyaca.edu.co, Colombia
Ana Mercedes Fraile Benítez, UNAD, ana.fraile@unad.edu.co, Colombia

Línea temática: Innovación pedagógica y didáctica

Resumen

Este texto expone los retos que enfrenta formación de estudiantes de ingeniería al apropiarse del pensamiento creativo e innovador, desde dos perspectivas: el empresario innovador sin formación profesional y los estudiantes de último semestre. La investigación inicia con una búsqueda sistemática de referentes que permite definir preguntas orientadoras aplicadas a un grupo de estudiantes de Ingeniería, al igual que un destacado empresario de Boyacá; bajo muestreo realizado por conveniencia, las ideas de los estudiantes se agruparon en: capacidad individual, aporte de la educación y educación bancaria. Con el empresario las categorías obtenidas son: la universidad como agente limitante, el entorno y la auto formación. En este ejercicio, los dos grupos de estudio destacan a la persona como centro del pensamiento creativo e innovador, adjudicándole la decisión de apropiarlo como estilo de vida. Se aporta en la discusión sobre el rol de las universidades en la innovación y la urgencia de innovar pedagógicamente.

Palabras clave:

Innovación, creatividad, Ingeniería, Enseñanza superior.



1. Introducción

La innovación y la creatividad constituyen elementos fundamentales en el campo de la ingeniería, ser ingeniero implica tener ingenio para la resolución de problemas, lo que sugiere contar con altas capacidades para inventar y crear con facilidad estrategias para responder a las necesidades que emergen de los constantes cambios de la sociedad actual. Bajos estas premisas, este trabajo aborda las inquietudes de las autoras alrededor de la manera como la educación superior promueve escenarios de innovación y creatividad en la educación de ingenieros, con miras a identificar elementos que dificultan y/o coadyuvan a la generación de dichas capacidades en los estudiantes de ingeniería.

Para comenzar, se resalta la importancia de la innovación en el marco del contexto global para decantar en lo relacionado con las políticas nacionales de educación en ingeniería, intentando argumentar la urgencia de generar ambientes propicios para la creatividad e innovación en las instituciones de educación superior- IES, como respuesta a los complejos desafíos de la sociedad actual. Para lo anterior, se parte de la premisa de que el pensamiento creativo e innovador se puede estimular a través de la educación (Waisburd, 2009).

Desde el punto de vista de un mercado competitivo con una economía globalizada, la innovación es el alma de la competitividad, tanto a nivel micro como macro (Mihaela & Țițan, 2014), por lo tanto y siguiendo con los argumentos de estos autores es claro que una política de innovación coherente se basa en un sistema educativo pues aseguran que el nivel de innovación de un país esta correlacionado con la inversión que hace en educación e I+D+i, así como la articulación entre educación, e investigación es vital para el proceso de desarrollo de una nación. De igual manera a nivel local, la innovación constituye una referencia obligada ante los retos del presente (Méndez, 2001.p.37). En general se identifica en la literatura un acuerdo sobre la importancia de los procesos de innovación no solo para el ámbito empresarial y de emprendimiento para el mejoramiento de las condiciones de vida.

En virtud de lo anterior, se considera que la educación tiene un rol protagonista en la generación de dichos procesos de innovación, dicho por Mihaela & Țițan (2014), un país sin educación podría ser un país sin innovación (p.10403). En este orden de ideas, en Colombia diferentes instituciones entre las cuales se encuentra el Ministerio de Educación Superior - MEN; trabajan por contar con ciudadanos productivos, capacitados, y con oportunidad de desarrollar plenamente sus competencias, en el marco de una sociedad con igualdad de oportunidades; en este sentido el sistema educativo está conformado por cinco niveles en su orden la educación: inicial, preescolar, básica (primaria cinco grados y secundaria cuatro grados), media (dos grados y culmina con el título de bachiller.), y finalmente la educación superior (Ministerio de Educación Nacional, 2019); es de indicar que esta última está en articulación con la Asociación Colombiana de Facultades de ingeniería- (ACOFI, 1975) para lo concerniente a la educación de ingenieros; siendo ACOFI la encargada de identificar los retos y hacer recomendaciones en lo relacionado con las competencias de dichos profesionales en el marco del contexto nacional e internacional.



Adicionalmente, y desde hace más de una década ACOFI (2007) viene trabajando en alcanzar el perfil del ingeniero colombiano 2020; argumentando la necesidad de que el estudiante deben ser innovador y creativo; con espíritu emprendedor; capaz de transferir los avances tecnológicos a productos y servicios comercialmente viables (p. 271); sin embargo; educar en innovación no es un tema fácil; por el contrario es bastante complejo no solo por el proceso en sí; sino por los aspectos relacionados con la evaluación pues no es posible predecir con certeza si una determinada innovación resultará un gran negocio o un logro modesto (Drucker, 2004). Aunque se encuentran esfuerzos encaminados a evaluar la innovación como los de Keinänen, Ursin, & Nissinen (2018), quienes trabajan en la validación de una herramienta para que las instituciones de educación superior IES puedan medir las competencias innovación de los estudiantes, este trabajo considera que el pensamiento innovador y creativo es un tipo de pensamiento complejo que no puede reducirse a una caracterización de los estudiantes en términos de habilidades específicas.

De igual manera sucede con la evaluación de la calidad docente, la cual requiere un replanteamiento en cuanto a que el compromiso con la mejora de la docencia y la innovación son objeto de un tratamiento discriminatorio frente a la investigación (Guerrero & López, 2014), esto presenta múltiples retos; puesto que es necesario orientar a los estudiantes a pensar bajo esquemas; como por ejemplo el presentado en la revolución tecnológica en 2007 en donde se consideró que era fundamental la Nano, Bio, Info y Cognotecnología –NBIC; sin embargo dicho esquema según la mirada de algunos expertos no es suficiente pues se dice que el profesional de ingeniería debe estar abierto y mantenerse en aprendizaje continuo durante toda su vida. ACOFI (2007; P.160) y no solamente ceñirse bajo esquemas.

Lo anterior quizá cobre mayor importancia al considerar que actualmente se vive la cuarta revolución industrial y preparar a los estudiantes en esquemas NBIC se quedó corto frente a la convergencia de tecnologías digitales, físicas y biológicas y otras tecnologías emergentes como: Big Data, Realidad Aumentada, Redes Sociales, Impresión de metales en 3D, Salto cuántico de los materiales, Embriones artificiales, Smart Cities, Auriculares de traducción simultánea, Inteligencia Artificial en la nube, Internet de las cosas, entre otras que en sí mismas son valiosas pero impresionan con mayor impacto cuando se piensa respecto a su función frente a la transición hacia nuevos sistemas ciberfísicos (Garbee, 2016). De otra parte, la innovación supone una forma creativa de selección, organización y utilización de recursos humanos y material (Salinas, 2004, p.4); lo anterior se sustenta en que para las organizaciones las personas son el único factor productivo que posee creatividad y cuyos cambios incrementales o disruptivos se evidencian en los procesos y/o productos que al generar valor y ser insertado adecuadamente en el mercado evidencian la innovación.

2. Descripción de la innovación

El ser humano por naturaleza se considera un agente creativo, es decir con capacidad de crear e imaginar, se esperarí que el ingeniero como profesional, que se ve enfrentado a resolver problemas de manera ingeniosa, no solo sea alguien creativo sino alguien innovador, comprendiendo la creatividad como la capacidad de desarrollar nuevas ideas y la innovación como el proceso donde se hace uso de estas (Koontz, Weihrich, & Cannice, 2012). Por esta razón, en la educación de futuros ingenieros se han utilizado



estrategias pedagógicas y curriculares importantes para fortalecer dichas habilidades, entre las cuales se incluye la educación por proyectos; en los procesos de teoría, abstracción y diseño interdisciplinar ACOFI (2007; P.244); a su vez, a nivel internacional también se identifican propuestas que han trabajado por nuevos sistemas cognitivos de innovación, como la noción de ecosistema abierto de la ingeniería emergente (Zhao, Zhang, & Wang, 2018), sin embargo según Donawa Torres & Gámez Araujo (2018), las universidades carecen de una cultura de innovación.

Considerando un escenario ideal donde la producción de conocimiento científico y tecnológico de las universidades, en adecuada articulación con la función de las organizaciones permita alcanzar el desarrollo de la innovación y de nuevas tecnologías para que finalmente el estado regule y fomente la relación entre las tres (Ramírez & García, 2010), este trabajo se preocupa con respecto a si las universidades en Colombia están realmente en la capacidad de generar un conocimiento científico y tecnológico con la rapidez que exigen los cambios en las organizaciones en contextos emergentes.

Pese a las diferentes falencias en currículos de ingeniería en Colombia (Balza-Franco, 2016), la formación de los ingenieros en la actualidad enfatiza en la formación social de las nuevas generaciones, buscando que en este proceso, el estudiante se instruya, desarrolle y eduque para satisfacer las necesidades sociales que el entorno y el contexto social están demandando (Capote León, Rizo Rabelo, & Bravo López, 2016), hacia esta intención de responder a las necesidades sociales, se puede afirmar que la educación de ingenieros, debe ser una educación que promueva el pensamiento creativo e innovador, la pregunta es ¿Cumplen las instituciones de educación superior- IES con estas demandas de innovación?, según Keinänen et al. (2018), la respuesta es no.

El presente trabajo más allá de buscar una respuesta sobre si las IES, cumplen dicha función o no, se concentra en analizar las ideas expresadas por estudiantes de ingeniería, con el fin de identificar desde sus propias voces, las dificultades que estos perciben, con respecto a la promoción de un pensamiento innovador en su proceso formativo, con miras a aproximarse a propuestas pedagógicas que permitan superar dichas barreras. De la misma manera, este estudio se nutre de la información obtenida por medio de la aplicación de una entrevista semi-estructurada a un empresario que sin tener formación universitaria ha logrado desarrollar procesos innovadores de gran relevancia. La intención de contar con estas dos perspectivas es reflexionar sobre el rol de la educación en la generación de habilidades hacia la innovación, para de esta manera repensar el alcance que tienen las instituciones de educación superior IES en dicha tarea.

Este panorama permite establecer, que el aporte de la innovación pedagógica de este trabajo es clasificada como una innovación en proceso, ya que permite identificar gaps con potencial para desarrollar mejoras significativas en los procesos formativos de los ingenieros en las instituciones de educación superior.



3. Proceso de la implementación

Esta investigación se realiza en la facultad de Ingeniería de una IES, en donde se ha identificado la innovación como nodo de conexión del trabajo investigativo, por parte de los grupos de investigación, en lo relacionado con la urgencia de generar conocimiento científico y tecnológico desde el cual sea posible responder a los complejos problemas de manera creativa, novedosa e innovadora. De esta manera este trabajo es el resultado del diálogo interdisciplinario entre las autoras, quienes a partir de un análisis hermenéutico de artículos científicos en las bases de datos y documentos que brindan aportes determinantes a la investigación de esta temática, buscan dar contexto a la información obtenida en campo. La revisión es de tipo sistemática, ya que es una búsqueda estructurada y explícita, que selecciona los artículos de interés basados en criterios específicos de educación en ingeniería. La gestión documental de libros y artículos se realizó inicialmente usando el diccionario tesauro para tener los conceptos definidos de forma global luego de ellos se realizó la búsqueda en bases de datos Science Direct, Proquest, y Redalyc enfocándose en la búsqueda de artículos científicos, publicados en revistas científicas a partir del año 2007. Adicionalmente se cruza la información teórica con información cualitativa obtenida por un lado en una entrevista semi-estructurada aplicada a un empresario que sin formación profesional ha logrado incursionar en el mercado generando aportes evidentes e importantes en el departamento de Boyacá – Colombia y por otro, la realización de un grupo de discusión con estudiantes de ingeniería de la Universidad de Boyacá. El tipo de muestreo es por conveniencia (Casal & Mateu, 2003), ya que no se pretende realizar generalizaciones ni representatividad, sino el acercamiento a la comprensión de un contexto específico. La muestra corresponde a 39 estudiantes de último semestre de Ingeniería y un empresario innovador sin título universitario de reconocimiento regional. El análisis de la información obtenida se realiza a través de una matriz de análisis categorial, que permite obtener una aproximación a las dificultades de la educación de ingenieros, relacionadas con el fortalecimiento de las habilidades de innovación. Como instrumentos se utiliza videograbadora y libreta de notas, bajo previa autorización y consentimiento informado de los participantes.

Esta descripción metodológica, permite ubicar el desarrollo e implementación de la propuesta de innovación pedagógica, en un TRL 4, respecto a la escala de medición de niveles de madurez tecnológica de la innovación, indicando que se han realizado actividades de I+D+i en torno a investigación básica y aplicada, a través de la observación de los principios básicos de la propuesta, los cuales desencadenaron la formulación de un concepto que se prototipo a escala de laboratorio a través de un ejercicio experimental que permitió determinar en un entorno controlado, las categorías de agrupación de resultados de cada grupo de estudio.

4. Evaluación de resultados

La pregunta orientadora principal del grupo de discusión realizado con 39 estudiantes de ingeniería, se planteó de la siguiente forma: ¿De qué manera, considera usted que la educación que recibe en la universidad, favorece o limita el pensamiento creativo e innovador? La discusión fue registrada por medio de la aplicación de grabación de voz de un Smartphone. El ejercicio de análisis, inicia con la transcripción de la grabación y posterior



clasificación de ideas clave por medio de una matriz categorial en Excel. Dicha identificación de ideas clave y su correspondiente clasificación se hace a través del dialogo reflexivo de las autoras. Como resultado se obtiene un sistema categorial que se observa en la figura 1, la cual presenta bajo categorías generales, algunas de las premisas priorizadas teniendo en cuenta su recurrencia en las diferentes expresiones de los estudiantes.

Figura 1. Ideas priorizadas bajo un sistema categorial. El código de colores determina la clasificación de las ideas en categorías y el tamaño de los círculos representa de manera aproximada la recurrencia de la idea.



Capacidad individual. Bajo esta categoría se agruparon las ideas que hacen alusión a la capacidad de innovación como una cualidad netamente personal, que no responde a un proceso de educación como tal. Estas



percepciones limitan la función educativa a una formación profesional, separándola de la formación del carácter o personalidad y generando la idea de la creatividad como una capacidad innata. Este aspecto se considera interesante a la luz de las investigaciones que fundamentan herramientas para el desarrollo de habilidades del pensamiento, que permiten activar el lado del cerebro racional- estructurado como el emocional- experimental, para potenciar la creatividad (Waisburd, 2009 p.3). Ante esto se considera importante desarrollar esfuerzos pedagógicos que demuestren a los estudiantes que las personas tienen la posibilidad de ser creativos desde su propia diversidad.

Es de destacar que mientras el diálogo, uno de los estudiantes realizó una búsqueda en google a través de su celular, sobre emprendedores sin títulos profesionales y comunicó en voz alta el listado de las siguientes personas: Bill Gates (Microsoft), Michael Dell (Dell Computer), Mark Zuckerberg (Facebook), Steve Jobs (Apple), Jack Dorsey (Twitter), Paul Allen (Microsoft), Larry Ellison (Oracle), Sean Parker (Plaxo, Napster, Airtime). Se considera que dicha intervención pudo generar un sesgo en la opinión de los demás estudiantes, quienes se mostraban en acuerdo general, sobre la separación entre el ser innovador y los procesos de educación formal.

Educación bancaria. Retomando la noción de educación bancaria del pedagogo brasileño Paulo Freire (Freire, 2011), se han clasificado en esta categoría, las expresiones que declaran un objetivo de la educación limitado a la trasmisión de conocimiento y a la formación de profesionales para un mercado laboral. El riesgo de este tipo de percepciones es caer en actitudes negativas donde se desmerita la función social de las instituciones de educación superior; y si bien es cierto el proceso de industrialización transformó el sentido de la educación dándole una connotación ligada a un saber profesionalizante, en la actualidad las universidades han acogido la responsabilidad social como una de sus funciones sustantivas. El reto pedagógico ante estas percepciones está en realizar los esfuerzos para motivar al estudiante en participar en actividades creativas de servicio social, de tal manera que él evidencie claramente la formación integral que se le brinda.

Aporte de la educación. Pese a los reiterados comentarios de los estudiantes relacionados con un pensamiento creativo como capacidad individual, se reconoce que la educación genera espacios para promover este tipo de habilidades. Se mencionan algunas actividades pedagógicas que se perciben como potenciadoras de creatividad en los estudiantes y se reconoce la contribución de la educación en la generación de conocimiento.

Por otra parte, la entrevista semiestructurada realizada a un empresario innovador sin formación profesional, tuvo por pregunta principal el siguiente interrogante: ¿en su opinión, ¿cuál es el rol de las universidades en la generación de pensamiento creativo e innovador? Generando como resultado otro tipo de categorías relacionadas con la importancia del entorno y la autoformación para potenciar la creatividad y, la educación formal como limitante para la innovación como se puede observar en la figura 2.

Se observa en la figura 2, las ideas priorizadas del diálogo sostenido con un empresario innovador sin estudios profesionales, a partir de las cuales se puede pensar que existe cierto tipo de prejuicios sociales con respecto a la educación superior, ya que, pese a no haber cursado estudios superiores, el participante afirma que esta situación en vez de perjudicarlo, lo coadyuvó a fortalecer su capacidad innovadora. Relacionando este tipo de



pensamiento con la opinión de los estudiantes en el caso de pensar que no se necesita ser profesional para ser un innovador, se puede pensar que los participantes de este estudio, la educación no juega un rol protagonista en la formación de pensamiento creativo e innovador.

Figura 2. Ideas priorizadas bajo un sistema categorial. El código de colores determina la clasificación de las ideas en categorías.



En cuanto a la importancia del entorno y los procesos de autoafirmación, se constata en la literatura revisada que los ambientes de colaboración generan buenos resultados en la innovación (Moon, Mariadoss, & Johnson, 2019) y que existen ambientes innovadores que potencian la creatividad (Márquez et al., 2016), así como se resaltan la generación de redes de cooperación y entornos innovadores como estrategias exitosas para la creación de ideas novedosas (Méndez, 2001).



5. Conclusiones

Correlacionando la información obtenida de los sujetos de estudio se identifica un punto de convergencia en cuanto a un factor determinante para el desarrollo del pensamiento creativo e innovador el cual se configura en un estilo de vida, potenciado a través de entornos de desarrollo y auto aprendizaje. En este escenario, el rol de la Universidad es de orientación y direccionamiento hacia la articulación con los recursos y capacidades necesarios para materializar las ideas; a los cuales se accede a través de las redes inter institucionales que vinculan actores pares de la Universidad en el ecosistema de innovación, ciencia y tecnología CTET. Para el fortalecimiento del pensamiento creativo e innovador en los estudiantes de ingeniería, es importante re pensar las estrategias y procesos desde el modelo de educación de las Universidades y el estilo de enseñanza del docente. Ya que si bien, el punto de partida para generar la innovación son las ideas; el impacto de su valor es proporcional al sustento técnico que le permita la escalabilidad en el mercado, así como la velocidad de respuesta al mismo. Factores que se consolidan desde una base investigativa paralela a la formación.



Referencias bibliográficas

- ACOFI. (19 de 09 de 1975). Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería. Obtenido de www.acofi.edu.co: <https://www.acofi.edu.co/la-asociacion/quienes-somos/>
- Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería. (2007). El ingeniero colombiano del año 2020. Retos para su formación. Bogotá: Opciones Gráficas Editores Ltda.
- Balza-Franco, V. (2016). Formulación y diseño de un modelo de vigilancia tecnológica curricular en programas de ingeniería en Colombia. *Revista de la Educación Superior*, 45(179), 55-77. <https://doi.org/10.1016/j.resu.2016.04.008>
- Capote León, G. E., Rizo Rabelo, N., & Bravo López, G. (2016). La formación de ingenieros en la actualidad. Una explicación necesaria. *Revista Universidad y Sociedad*, 8(1), 21-28. Recuperado de <http://rus.ucf.edu.cu/>
- Casal, J., & Mateu, E. (2003). Tipos de muestreo. *Rev. Epidem. Med. Prev*, 1, 3-7.
- Cifuentes Sánchez, L. M., & Londoño Londoño, M. E. (2018). Rasgos Identificativos que promueven la Cultura de la Innovación en las organizaciones. *Revista Interamericana de Psicología Ocupacional*, 36(1), 35-47. <https://doi.org/10.21772/riipo.v36n1a03>
- Donawa Torres, Z. A., & Gámez Araujo, W. G. (2018). Ausencia de habilidades gerenciales para una cultura de innovación universitaria en instituciones de Colombia y Venezuela. *Universidad & Empresa*, 21(36), 8. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/empresa/a.5961>
- Drucker, P. F. (2004). La disciplina de la innovación. *Harvard Business Review*, 3-7. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642017000100017>
- Garbee, E. (15 de 10 de 2016). Sociedad de la Universidad Estatal de Arizona (ASU). Obtenido de Investigadora de la Escuela para el Futuro de la Innovación: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-37631834>
- Freire, P. (2011). Pedagogía Del Oprimido. *Sort*, 257(November), 1-175. <https://doi.org/10.3163/1536-5050.98.2.021>
- Guerrero, M. J. L., & López, M. D. C. L. (2014). Criterios para la Evaluación de los Proyectos de Innovación Docente Universitarios. *Estudios Sobre Educación*, 26, 79-101. <https://doi.org/10.15581/004.26.79-101>
- Keinänen, M., Ursin, J., & Nissinen, K. (2018). How to measure students' innovation competences in higher education: Evaluation of an assessment tool in authentic learning environments. *Studies in Educational Evaluation*, 58, 30-36. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2018.05.007>
- Koontz, H., Weihrich, H., & Cannice, M. (2012). Administración. Una perspectiva global y empresarial. Recuperado de <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IisScript=uccma.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=004889>
- Márquez, R., Tolosa, L., Gómez, R., Izaguirre, C., Rennola, L., Bullón, J., & Sandia, B. (2016). Reproducción de un ambiente de innovación en el salón de clase. Una estrategia para promover la creatividad en la educación en Ingeniería Química. *Educación Química*, 27(4), 249-256. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2016.07.001>



- Méndez, R. (2001). Innovación y redes de cooperación para el Desarrollo Local. *INTERAÇÕES. Revista Internacional de Desenvolvimento Local*, 2(3), 37-44.
- Mihaela, M., & Țițan, E. (2014). Education and Innovation in the Context of Economies Globalization. *Procedia Economics and Finance*, 15, 1042-1046. [https://doi.org/10.1016/s2212-5671\(14\)00667-4](https://doi.org/10.1016/s2212-5671(14)00667-4)
- Ministerio de Educación Nacional. (27 de 08 de 2019). www.mineducacion.gov.co. Obtenido de Sistema educativo colombiano: <http://tiny.cc/q9dtbz>
- Moon, H., Mariadoss, B. J., & Johnson, J. L. (2019). Collaboration with higher education institutions for successful firm innovation. *Journal of Business Research*, 99, 534-541. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2017.09.033>
- Ramírez, M. del P. S., & García, M. V. (2010). La Alianza Universidad- Empresa-Estado: una estrategia para promover innovación. *Revista EAN*, 68, 112-133. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/ean/n68/n68a09.pdf>
- Salinas, J. (2004). Innovación docente y uso de las TIC en la enseñanza universitaria. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*, 1(1), 1-16. Recuperado de <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=78011256001>
- Waisburd, G. (2009). Pensamiento creativo e innovación. *Revista Digital Universitaria*, 10(12), 2-9. Recuperado de <http://www.revista.unam.mx/vol.10/num12/art87/art87.pdf>
- Zhao, S., Zhang, H., & Wang, J. (2018). Cognition and system construction of civil engineering innovation and entrepreneurship system in emerging engineering education. *Cognitive Systems Research*, 52, 1020-1028. <https://doi.org/10.1016/j.cogsys.2018.10.020>